



**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**RANCANG BANGUN DAN IMPLEMENTASI  
COMPUTER NUMERIC CONTROL PORTABLE  
PADA MESIN PLOTTER BERBASIS  
MIKROKONTROLER**

Andra Risciawan  
NRP 2212106034

Dosen Pembimbing  
Rudy dikairono ST.,MT  
Fajar budiman ST.,MT

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT - TE 141599**

***DESIGN AND IMPLEMENTATION COMPUTER  
NUMERIC CONTROL PORTABLE PLOTTER  
MACHINE BASED ON MICROCONTROLLER***

Andra Risciawan  
NRP 2212106034

Advisor  
Rudy dikairono ST.,MT  
Fajar budiman ST.,MT

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

# **RANCANG BANGUN DAN IMPLEMENTASI COMPTER NUMERIC CONTROL PORTABLE PADA MESIN PLOTTER BERBASIS MIKROKONTROLER**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Elektronika  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**



**Rudy Dikairono, ST., MT.**  
**NIP. 198103252005011002**

**Dosen Pembimbing II**



**Fajar Budiman, ST., MT.**  
**NIP. 198607072014041001**



## ABSTRAK

Mesin *Computer numerical Control* (CNC) jenis *plotter* adalah mesin yang dirancang untuk merealisasikan sebuah gambar yang dibentuk dari sebuah *software* CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*). Dibandingkan dengan mesin perkakas serupa lainnya, mesin ini lebih sederhana dan mudah dioperasikan. Mesin CNC yang diproduksi saat ini memiliki sistem terlalu rumit dan kurang praktis untuk digunakan di area yang tidak memiliki cukup ruang. Maka dari itu dibuatlah sistem yang lebih sederhana dan lebih praktis dalam hal mekanik dan kontroler. Mesin CNC *plotter* pada umumnya hanya memiliki 2 buah sumbu X dan Y yang masing-masing sumbu bergerak secara independen dan tidak menerima informasi dari sumbu yang lain. Motor akan bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler dalam sebuah frekuensi signal yang memiliki lebar frekuensi antara 50-20khz. Untuk itu dipakai sebuah *timer* yang disediakan oleh mikrokontroler sebagai fitur pembangkit signal. Mesin CNC *plotter* akan menerima perintah dari sebuah kode numerik yang tersusun dari sebuah bahasa pemrograman *G-Code* yang berisikan titik koordinat yang digunakan untuk membentuk menggerakkan kedua sumbu X dan Y sehingga membentuk sebuah garis dengan pola *linier* dan *circular*. Dengan demikian mesin CNC *plotter* yang dibuat mampu untuk membuat jalur dalam bentuk 2 dimensi yang dapat digunakan untuk membuat model tulisan dan sebuah gambar.

Kata kunci : *Computer numerical Control* (CNC) *portable*, mesin CNC *plotter* . CNC kontroler ARM SM32F407VG, *stepper* motor bipolar.

## ABSTRACT

Computer numerical control (CNC) is controlled by a computer which is connected by mechanical for example used for cutting objects with other types of material include aluminum, read, plastic and wood. The system consists of three motor. Each motor is placed on the axis X, Y and Z. The principle of system is combination between mechanical with microcontroller for processing data and all processing control the drive the motor, so that the machine will run as command for entered into the microcontroller. Microcontroller the type used is ARM microcontroller, while the actuators are used, among others, ballscrew, stepper motors and spindle motors as the manufacture of mechanical. CNC-controlled microcontroller with the data input of G-Code will process coordinates of which form an image that has previously been created with CAD or CAM software. microcontroller will process all coordinat points that have been read and used as a reference for moving the actuator that exist on the axis X, Y and Z. With this system it is expected the work will be easier and cheap in the production process

Keyword: Computer numerical control (CNC) portable machine, CNC controller ARM STM32F407VG, bipolar *stepper* motors

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I    PENDAHULUAN.....	1
1.1      Latar Belakang .....	1
1.2      Perumusan Masalah .....	1
1.3      Batasan Masalah.....	2
1.4      Tujuan .....	2
1.5      Metodologi .....	2
1.6      Sistematika Penulisan.....	3
1.7      Relevansi .....	3
BAB II    LANDASAN TEORI .....	5
2.1      Prinsip dasar mesin CNC .....	5
2.2      Bipolar Stepper Motor.....	6
2.3      Driver motor bipolar stepper .....	7
2.4      Mikrokontroler ARM STM32F407VG Discovery .....	8
2.4.1    TIM timer interupsi karakteristik .....	10
BAB III   PERANCANGAN SISTEM .....	13
3.1      Perancangan spesifikasi dari mekanik.....	13
3.2.1    Timing belt .....	13
3.2.2    Timing gear .....	15
3.2.3    Linier bearing .....	16

3.2	Perancangan elektronik .....	17
3.2.1	Perancangan hardware .....	17
3.2.2	Perancangan software.....	19
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISA.....	25
4.1	Pengujian Titik Awal Terhadap Jarak Yang Dituju .....	25
4.2	Pengujian Response Pembangkitan Signal .....	29
4.3	Pengujian akurasi stepper .....	30
BAB V	PENUTUP.....	35
5.1	Kesimpulan .....	35
5.2	Beberapa saran yang dilakukan kedepan nanti adalah .....	35
DAFTAR PUSTAKA	.....	37
LAMPIRAN	.....	39
RIWAYAT PENULIS	.....	49

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mesin *Computer numeric control* (CNC) adalah satu mesin yang dikontrol oleh sebuah mikrokontroler atau sebuah komputer dengan menggunakan bahasa numeric (data perintah dengan kode angka, huruf dan symbol) sesuai dengan standart CNC. Sistem kerja teknologi CNC akan lebih sinkron dengan mikrokontroler dan mekanik sehingga bila dibandingkan dengan mesin perkakas sejenis, maka mesin perkakas CNC lebih teliti, lebih tepat dan lebih *flexible*. Mesin CNC memiliki dua atau lebih arah gerakan tool yang disebut dengan sumbu atau axis. Gerakan pada axis antara lain linier (yang merupakan garis lurus) atau gerakan circular (yang merupakan lintasan melingkar). Umumnya, sumbu yang terdapat pada gerakan linier adalah X, Y sedangkan nama axis pada gerakan circular adalah A, B. Salah satu spesifikasi yang dapat memperlihatkan kekompleksitasan dari mesin CNC adalah berapa banyak axis yang dimilikinya dan gerakan interpolasi yang ada.

Struktur pembangkitan *signal* yang dipakai sebagai penggerak motor X dan Y saat ini adalah dengan menggunakan timer yang dibangkitkan dari mikrokontroler sehingga setiap satu motor bekerja secara independent dan tidak menerima informasi dari *signal* kontrol dari sumbu yang lain. Ketelitian dan resolusi *signal* yang ditimbulkan akan mempengaruhi pergerakan pada sumbu X dan Y. Pembangkitan *signal* dipakai untuk memproses perintah yang berasal dari kode numeric berupa G-code. Proses pembuatan G-code dapat dibuat secara manual maupun dengan menggunakan software antara lain CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing). Maka dari itu dibuat kontroler yang mampu mencakup pemrosesan kode G-code dengan sebuah kontroler yang sederhana tanpa mengurangi kinerja dari kontroler mesin CNC pada umumnya sehingga didapatkan hasil mesin CNC *plotter* yang mampu membentuk sebuah gambar dengan kode numeric G-code standart ISO.



## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Controller yang sudah ada tidak dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan mesin.
2. Perkembangan zaman yang cepat memungkinkan kontroler model lama sudah tidak diproduksi lagi .

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Kontroler mesin CNC hanya dapat membaca kode G-Code berupa X,Y, *linier* dan *circular*.
2. Maksimal kerja area meja kerja gambar adalah 15\*25cm.
3. Alat tulis yang dipakai adalah *spidol marker*.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan yang dicapai pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1 Dapat dimodifikasinya kontroler sesuai dengan kebutuhan mesin.
- 2 Kontroler yang dibuat tidak terpengaruh oleh perkembangan zaman dan akan terus bisa dikembangkan.

## **1.5 Metodologi**

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

### **1 Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang mendukung dalam penulisan tugas akhir. Dasar teori dapat diambil dari buku-buku, jurnal, dan artikel – artikel dari internet.

### **2 Perancangan Perangkat Keras**

Pada tahap ini dirancang perangkat keras yang terdiri dari board STM32F407VG , dan driver *motor stepper* sebagai penggerak motor.

### **3 Perancangan Perangkat Lunak**

Perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan firmware untuk mikrokontroler yang digunakan untuk menguji sistem yang telah dirancang.

### **4 Pengujian Sistem**

Proses pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan posisi tujuan yang di inputkan dari program dengan posisi tujuan yang telah didapat dari arah gerak pada *motor stepper*.

## **5 Penulisan Laporan Tugas Akhir**

Tahap penulisan laporan adalah tahap akhir dari proses pengerjaan tugas akhir. Isi laporan berisikan hal yang bersangkutan dengan tugas akhir yang dikerjakan. Meliputi pendahuluan, teori penunjang, perancangan sistem, pengujian, dan penutup.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi pendahuluan yang membahas latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan, dan relevansi.

#### **BAB II TEORI PENUNJANG**

Bab ini berisi teori penunjang dan literature yang berguna bagi pembuatan tugas akhir ini. Teori penunjang yang diberikan antara lain Teori mengenai teori *motor stepper*, *driver motor* dan *data sheet STM32F407VG discovery*.

#### **BAB III PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini berisi perencanaan sistem untuk realissi sistem kendali pada mesin *Computer numeric control (CNC)*. Perancangan sistem terdiri dari perancangan perangkat keras dan perencanaan perangkat lunak.

#### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA**

Bab ini berisi hasil pengujian dalam tugas akhir ini, dan disertai beberapa analisa yang berkaitan dengan pengujian yang dilakukan.

#### **BAB V PENUTUP**

Penutup yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan tugas akhir ini, serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

### **1.7 Relevansi**

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan kedepan dalam pengaplikasian mesin otomasi sejenis CNC *plotter* yang mampu di pakai untuk membuat gambar dan sebuah tilisan sebagai mana fungsi mesin itu dibuat.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Prinsip dasar mesin CNC

*Computer numeric control (CNC) plotter* merupakan perangkat yang digunakan untuk membuat tulisan dan gambar. Pada mesin CNC *plotter* terdapat 2 buah sumbu X dan sumbu Y. Sumbu X dan sumbu Y berfungsi untuk membentuk kontur horizontal dan vertikal sedangkan pada sumbu Y juga terdapat *spindel* yang dipakai untuk membuat gambar.



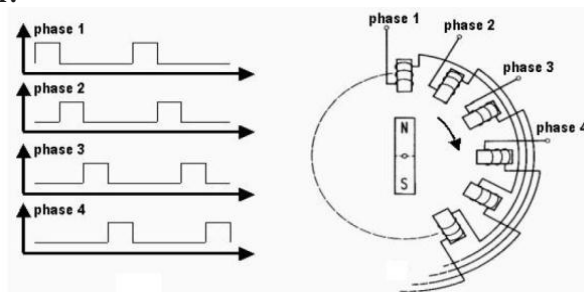
**Gambar 2.1.** Mesin CNC *Plotter*

Pada mesin CNC, sistem gambar terbentuk dari kombinasi pergerakan linier dan pergerakan circular. Interpolasi adalah proses pergerakan dua sumbu atau lebih dalam waktu yang sama untuk membentuk kontur atau lintasan gambar yang diinginkan sesuai lintasan yang dibuat. Persamaan garis linier membentuk sebuah garis lurus yang membentuk sebuah pergerakan yang berpusat pada sudut yang dibuat oleh lintasan gambar pada perintah kode numeric G-code. Untuk fungsi circular dipakai persamaan lingkaran yang berpusat jari-jari lingkaran yang dikombinasikan dengan pergerakan

kedua sumbu X dan Y sehingga membentuk sebuah gambar lingkaran. Mesin CNC *plotter* bergerak. Berdasarkan kode numerik *G-code*. Kode *G-code* dibuat sebagai *standart* pembuatan tulisan atau gambar yang membentuk sebuah koordinat titik yang dipakai sebagai acuan pergerakan sumbu X dan sumbu Y. Sumbu X dan Y akan bergerak dan berhenti sesuai dengan perintah kode numerik. Untuk pengaturan kecepatan motor pada sumbu X dan Y dipakai perintah kode dalam numerik yang diberi kode *federate*. Pengaturan kecepatan motor dipakai untuk membentuk pola sinkronisasi yang bertujuan membuat keseimbangan saat membuat pergerakan pada garis linier dan circular. .

### 3.2 *Bipolar Stepper Motor*

*Motor stepper* adalah salah satu jenis motor dc yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital. *Prinsip kerja motor stepper* adalah bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit dimana *motor stepper* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada *motor stepper* tersebut. **Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur untuk dijadikan sebagai penghitunga jarak tanpa beban, sehingga pulsa tersebut dapat dijadikan penghitung jarak tanpa menggunakan tambahan sensor semacam rotary encoder.**



Gambar 2.2. *Bipolar motorstepper*

*motor stepper* dan penerapan pulsa pada *motor stepper* untuk menghasilkan arah putaran yang disesuaikan dengan pulsa kendali. *motor stepper* dengan lilitan bipolar memerlukan sinyal

pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya. Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang lebih kompleks dari pada rangkaian pengendali untuk motor unipolar. *Motor stepper* bipolar memiliki keunggulan dibandingkan dengan *motor stepper* unipolar dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.



**Gambar 2.3.** Bagian Stator Motor stepper

*motor stepper* yaitu tersusun atas rotor, stator, bearing, casing dan sumbu. Sumbu merupakan pegangan dari rotor dimana sumbu merupakan bagian tengah dari rotor, sehingga ketika rotor berputar sumbu akan ikut berputar. Stator memiliki dua bagian yaitu pelat inti dan lilitan. Plat inti dari *motor stepper* ini biasanya menyatu dengan casing. Casing *motor stepper* terbuat dari aluminium dan ini berfungsi sebagaiudukan bearing dan stator pemegangnya adalah boud sebanyak empat buah.

### **3.3 Driver motor bipolar stepper**

Secara teori, sebuah motor stepper dapat digerakkan langsung oleh mikrokontroller. Namun pada kenyataannya, arus dan tegangan yang dikeluarkan oleh mikrokontroller terlalu kecil untuk menggerakkan sebuah motor stepper. Gerbang-gerbang Transistor Transistor *Logic* (TTL) mikrokontroller hanya mampu mengeluarkan arus dalam orde mili-ampere dan tegangan antara 2

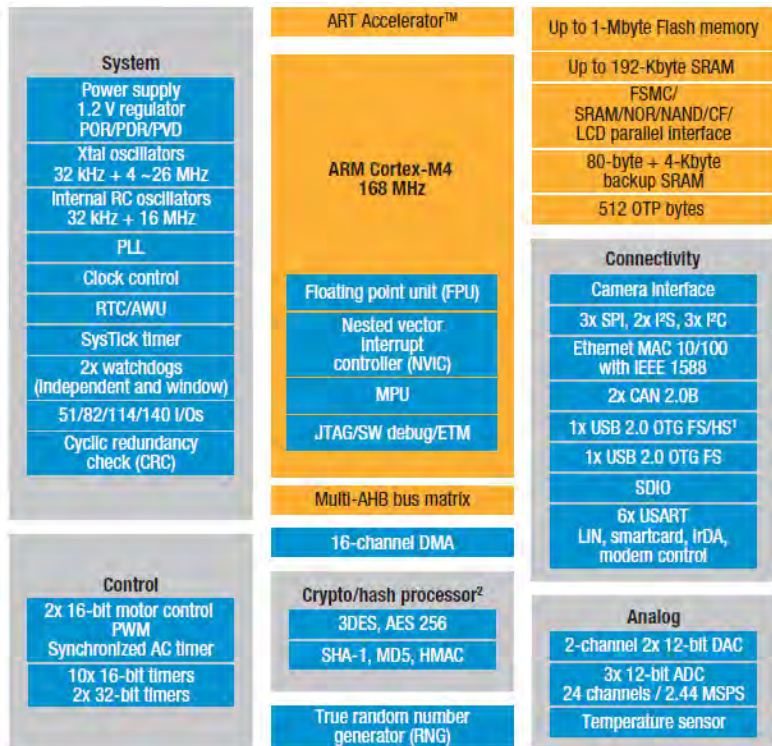
Driver motor TB6600 memiliki 1 buah direksi sebagai pemicu arah pergerakan *motor stepper* dan 1 buah *pulse* sebagai pengatur *response* kecepatan *motor stepper*. Minimum frekuensi yang bisa diterima oleh driver motor TB6600 adalah 50Hz sedangkan untuk Maksimal frekuensi yang dapat diterima dari driver motor ini adalah 20Khz. Untuk maximal arus yang dapat dihasilkan adalah 4,5A dengan voltase minimal adalah 20Vdc dan voltase maksimal adalah 32Vdc.

### 3.4 Mikrokontroler ARM STM32F407VG Discovery

Mikrokontroler ARM STM32F407VG merupakan perangkat kontroler yang dilengkapi dengan fitur-fitur yang cukup lengkap seperti fitur *timer*, memori *flash*, *input capture*, *DMA* dan lain sebagainya. Untuk tugas akhir ini penulis menggunakan mikrokontroler jenis ARM STM32F407VG produk dari ST Mikroelektronika. Mikrokontroler ARM STM32F407VG ini dapat digunakan sebagai media pembantu dalam bidang kontroler karena fitur – fitur yang telah disediakan oleh mikrokontroler ARM STM32F07VG ini adalah sebagai berikut :

- a) ARM STM32F407VG memiliki lebar data sebesar 32-bit  
Jumlah pin I/O ARM STM32F407VG memiliki 100 pin dan 10 pin yang lain adalah catudaya dan tegangan referensi.
- b) Memiliki 1-Mbyte Flash memory, 192-Kbyte RAM yang dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan kita.
- c) Komunikasi serial dengan mikroprosesor atau perangkat lain dengan menggunakan UART yang telah tersedia pada ARM STM32F407VG
- d) Memiliki 17 Timer diantaranya terdiri dari 16bit dan 32bit pwm dan timer pencah interupsi yang mencapai 84Mhz.
- e) Tegangan kerja berkisar antara 1.8V - 3.6V
- f) Memiliki 24pin ADC dengan resolusi 12bit yang dapat diatur sesuai keinginan kita.





**Gambar 2.5** Diagram sistem STM32F407VG

konfigurasi pin ARMSTM32F407 yang memiliki 100pin yang memiliki fitur masing-masing. Berikut ini merupakan keterangan dari pin konfigurasi pin ARMSTM32F407VG diatas :

- VCC, merupakan port catu daya untuk mengoperasikan mikrokontroler.
- GND, merupakan referensi tegangan pada mikrokontroler.
- PORTA(PA0 – PA15), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.
- PORTB(PB0 – PB15), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.

- e) PORTC(PC0 – PC15), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.
- f) PORTD(PD0 – PD15), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.
- g) PORTE(PE0 – PE15), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.
- h) PORTF(PF0 – PF15), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.
- i) PORTG(PG0 – PA15), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.
- j) PORTH(PH0 – PA15), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.
- k) PORTI(PI0 – PA11), merupakan port I/O digital yang telah dilengkapi dengan resistor *pull up* internal.
- l) PA0(Rx), memiliki fungsi khusus untuk menerima data pada komunikasi serial.
- m) PA1(Tx), memiliki fungsi khusus untuk menerima data pada komunikasi serial.
- n) Pin Nrst sebagai reset mikrokontroler dan aktif apabila terjadi low *signal* atau *pule down*.

#### **2.4.1 TIM timer interupsi karakteristik**

Interupsi merupakan suatu cara untuk menghentikan alur dari program utama dan dialihkan ke program interrupt. Program yang sedang berjalan pada saat terkena interupsi akan terhenti, pindah ke program interupsi, dan apabila interupsi telah selesai dieksekusi maka akan kembali pada program utama yang terhenti tadi dan melanjutkan siklus seperti biasa kembali. Interupsi pada ARM STM32F407VG terdapat vektor prioritas, dengan yang tertinggi adalah 0 yaitu Reset. Prioritas interupsi maksudnya siklus interupsi yang akan dieksekusi adalah dimulai dari prioritas tertinggi dan setelah selesai akan berpindah ke interupsi dengan prioritas lebih rendah. Interupsi dilakukan hanya bila perintah interupsi ini dipanggil, dengan tujuan agar tidak melakukan pengecekan yang berulang secara terus menerus melainkan hanya berdasarkan permintaan interupsi saja. Berikut merupakan tabel interupsi dengan prioritas tertinggi sampai dengan terendah.

**Tabel 2. 1** Interrupt timer fitur ARM STM32F407VG

Timer type	Timer	Counter resolution	Counter type	Prescaler factor	DMA request generation	Capture/compare channels	Complementary output	Max interface clock (MHz)	Max timer clock (MHz)
General purpose	TIM2, TIM5	32-bit	Up, Down, Up/down	Any integer between 1 and 65536	Yes	4	No	42	84
	TIM3, TIM4	16-bit	Up, Down, Up/down	Any integer between 1 and 65536	Yes	4	No	42	84
	TIM9	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	No	2	No	84	168
	TIM10, TIM11	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	No	1	No	84	168
	TIM12	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	No	2	No	42	84
	TIM13, TIM14	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	No	1	No	42	84
Basic	TIM6, TIM7	16-bit	Up	Any integer between 1 and 65536	Yes	0	No	42	84

Interrupt timer terdapat fitur yang bisa kita pilih tergantung kapasitas frekuensi yang kita pilih. Untuk membangkitkan fitur tersebut kita hanya harus memanggil perintah yang ada dalam STM32F407VG dan kita tentukan prescale dan maksimal clock yang tersedia, sehingga kita akan mendapat frekuensi yang akan kita gunakan.



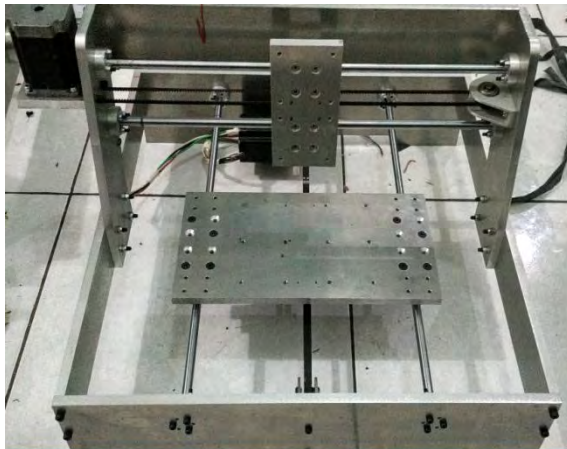
## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem *Computer numeric control* (CNC) pada mesin *plotter* berbasis mikrokontroler terdiri dari beberapa bagian. Diantaranya yaitu perancangan elektronis, perancangan mekanik kemudian direalisasikan realisasi menjadi sebuah satu kesatuan sistem. Selain itu pada bab ini juga akan membahas tentang blok diagram dari ketiga sistem tersebut. Berikut merupakan uraian dari masing – masing bagian.

#### ***Perancangan mekanik***

Pada sistem mekanik terdapat 2 buah sumbu diantaranya adalah sumbu X dan sumbu Y. Kedua sumbu X dan sumbu Y dijalankan oleh *motor stepper* yang dikaitkan dengan *timing belt* untuk kemudian disambungkan ke meja kerja. Untuk sumbu Y terdapat spidol yang digunakan untuk membuat gambar atau sebuah tulisan dengan area meja kerja 15x25cm.



**Gambar 3.1** Mekanika mesin CNC *Plotter*

### 3.2.1 *Timing belt*

*Timing belt* adalah piranti penggerak yang dipakai untuk menghubungkan timing gear dengan papan meja kerja.. Bahan pembuatan *timing belt* berasal dari rubber atau karet yang dilapisi kawat baja yang bertujuan sebagai serat penguat yang bertujuan tidak rentan terjadi kerusakan atau putus. Keunggulan *timing belt* adalah memiliki bunyi yang lebih halus saat gesekan dan hanya kecil kemungkinan terjadi *losis* pada *gear*. Untuk spesifikasi tertentu *Timing belt* mampu bekerja pada suhu yang tinggi.



**Gambar 3. 2** *Timing belt*

rongga rongga gigi yang ada pada *timing belt* digunakan untuk mencengkeram permukaan *timing gear* sehingga gerigi tersebut berfungsi menghubungkan antara motor penggerak dengan meja kerja pada mesin CNC *plotter*.

### 3.2.2 *Timing gear*

*Timing gear* adalah piranti penghubung antara motor dengan *timing belt*. Gerigi–gerigi yang ada pada *timing gear* berfungsi mencengkeram *timing belt* yang terhubung pada meja kerja. *Timing gear* terletak pada shaft motor yang kemudian dilakukan penguncian untuk menghindari terjadinya losis pada saat motor bergerak.



**Gambar 3. 3** *Timing gear*

terlihat rongga – rongga tempat *timing belt* ditempatkan. Konstruksi pada *timing gear* menyebabkan *timing belt* akan langsung terpasang tanpa menyisakan rongga sedikitpun dan itu yang menyebabkan konstruksi *timing gear* dan *timing belt* sangat efisien digunakan sebagai piranti penggerak meja pada mesin CNC *plotter*.

### 3.2.3 *Linier bearing*

*Linier bearing* adalah piranti mekanik berfungsi sebagai tumpuan penggerak yang terpasang pada meja kerjayang ada pada sumbu X dan sumbu Y. Permukaan dalam pada *linier bearing* terdapat bola – bola kecil yang melingkar mengelilingi lubang tempat masuknya batang pipa *stainless*, sehingga meja kerja akan bergerak sesuai dengan arah lintasan yang dibuat seesuai pola pipa stenlis yang ditempatkan pada area didalam *linier bearing*.



**Gambar 3. 4** *linier bearing*

bola – bola kecil yang ada pada *linier bearing* yang menumpu pada batangan pipa *stainless* berfungsi mengurangi gesekan yang timbul karena adanya pergerakan antara sisi pipa *stainless* dan meja penggerak yang terdapat pada mesin *plotter*. Bahan yang terbuat dari logam keras pada *linier bearing* dengan diameter 10mm mampu menumpu beban berat dengan kapasitas sekitar 30kg. Semakin berat beban yang ada pada meja kerja maka akan semakin besar gesekan yang dihasilkan, maka dari itu piranti ini sangat diperlukan untuk mengurangi beban yang diangkat oleh motor pada sumbu X dan sumbu Y.

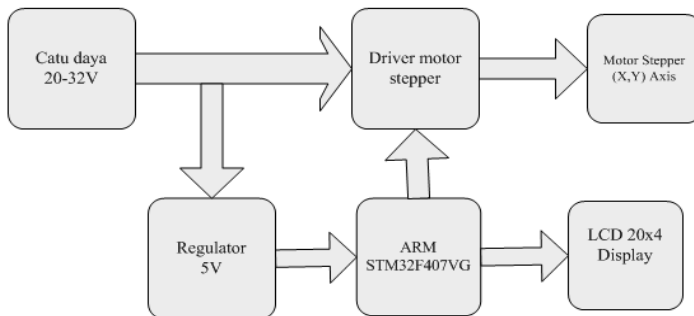


### ***Perancangan elektronik***

Perancangan elektronik meliputi perancangan *hardware* dan *software*. Perancangan elektronik *hardware* meliputi pembuatan PCB kontroler berupa panel – panel tombol. Perancangan *software* meliputi pembuatan program dan bagian bagian pembangkitan *signal* yang digunakan untuk menggerakkan *motor stepper*.

#### **3.2.1 Perancangan *hardware***

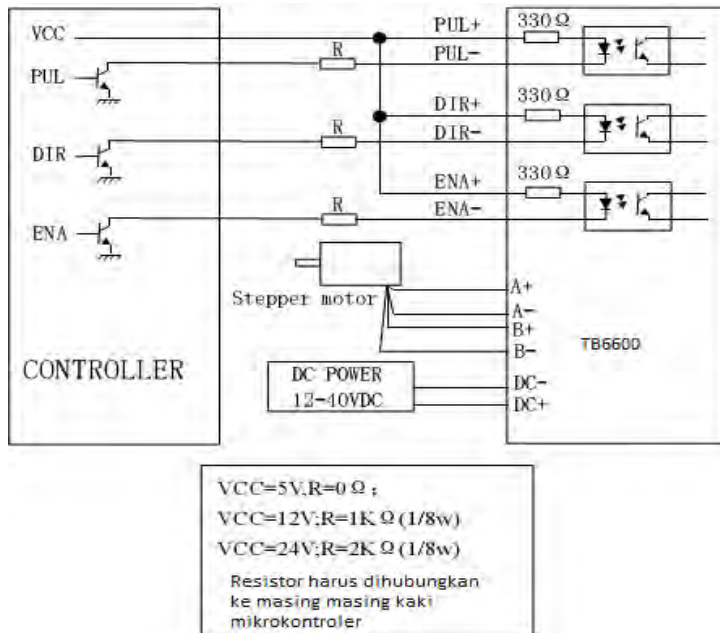
Perancangan *hardware* menggunakan *software eagle cadsoft* untuk membuat skematik dan *routing* menjadi *board / layout pcb*. Rancangan *hardware* yang dibuat yaitu perancangan pcb yang terdiri dari sebuah tombol – tombol dari ARM STM32F407VG.



**Gambar 3. 5** Blok diagram *board* kontroler

catudaya sebagai catudaya *motor stepper* dan regulator berfungsi sebagai penurun tegangan sebagai *supply* tegangan pada ARM STM32F407VG. Catudaya 20V-32V berfungsi sebagai supply driver sebagai penggerak motor. Driver motor akan terhubung ke Output ARM STM32F407VG yang dipakai sebagai pembangkit *signal frekuensi* sebagai penggerak *motor*. Display LCD 20x4 dipakai untuk menampilkan nilai koordinat dari data yang diolah oleh mikrokontroler dalam bentuk data digital yang dikomunikasikan secara parallel oleh mikrokontroler ke LCD 20x4.

a) Konfigurasi driver *motor stepper* TB6600



**Gambar 3. 6** konfigurasi driver *stepper*

konfigurasi *driver motor* selalu dilengkapi dengan rangkaian optocoupler yang berfungsi sebagai *buffering signal* yang terkoneksi dengan mikrokontroler sebagai pembangkit *signal* digital. Driver motor dapat dikoneksikan *active low* atau *active high*, yang mana pada rangkaian diatas terdapat PUL(+) dan PUL (-) sebagai pembangkit pulsa dari *motor stepper*. Sedangkan DIR(+) dan DIR( - ) sebagai pembangkit arah gerak *motor stepper* CW(counter clock wise) atau CCW (counter clock wise). *Driver motor stepper* TB6600 memiliki fitur mikro steping yang dapat dirubah melalui 6 buah switch, sehingga kecepatan setiap putaran dan resolusi tiap *step* nya bisa diperhalus atau dibuat kasar yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang kita inginkan. Semakin besar resolusi yang diaktifkan, maka akan semakin kecil *torque* yang dihasilkan dari *motor stepper*.

**Tabel 3. 1** Pengaturan *mikrostep driver motor*

Mikrostepper	step/ref.(1.8 motor )	SW 5	SW6	SW7	SW8
2	400	OFF	ON	ON	ON
4	800	ON	OFF	ON	ON
8	1600	OFF	OFF	ON	ON
16	3200	ON	ON	OFF	ON
32	6400	OFF	ON	OFF	ON
64	12800	ON	OFF	OFF	ON
128	25600	OFF	OFF	OFF	ON
5	1000	ON	ON	ON	OFF
10	2000	OFF	ON	ON	OFF
20	4000	ON	OFF	ON	OFF
25	5000	OFF	OFF	ON	OFF
40	8000	ON	ON	OFF	OFF
50	10000	OFF	ON	OFF	OFF
100	20000	ON	OFF	OFF	OFF
125	25000	OFF	OFF	OFF	OFF

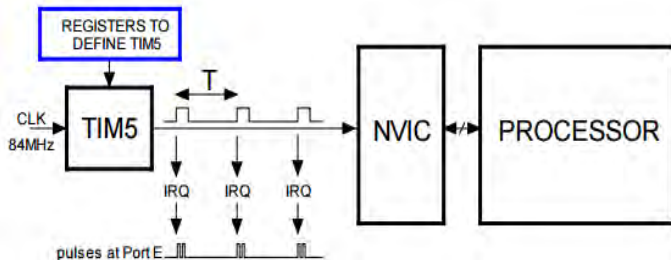
### 3.2.2 Perancangan *software*

Perancangan perangkat lunak menggunakan *software Atollic True Studio ARM*. Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk menjadikan sistem pada mesin CNC *plotter* bergerak berdasarkan *standart* kode numerik *G-code*. Saat menuju suatu koordinat pada sumbu X dan sumbu Y, program secara otomatis akan membuat perhitungan jarak yang dituju sesuai dengan perintah yang di berikan. Program yang dibuat akan mengkonfigurasikan menu-menu pengaturan, seperti posisi awal dan akhir dari suatu koordinat kemudian pengaturan kecepatan, dan pengaturan tampilan. Fungsi dari tampilan *display* berfungsi sebagai penampil data posisi dan koordinat yang telah diproses oleh mikrokontroler.

#### A. Pembangkitan *Signal Stepper Motor*

Pembangkitan *pulse stepper* dilakukan dengan mengaktifkan *signal high* dan *signal low* pada salah satu *port* yang tersedia pada mikrokontroler. *Signal High* yang di bangkitkan di berikan waktu tunda sampai batas waktu yang diberikan telah selesai, kemudian

*signal low* akan dibangkitkan. Saat *signal high* dan *low* terbentuk secara *periodic*, maka akan membentuk *signal* yang berisi *signal high* dan *signal low* yang membentuk sebuah *frekuensi signal*. Fitur *Interupsi internal* digunakan untuk menentukan batas waktu tunda yang dibuat sebagai pedoman pembuatan *signal* pada *motor stepper*.



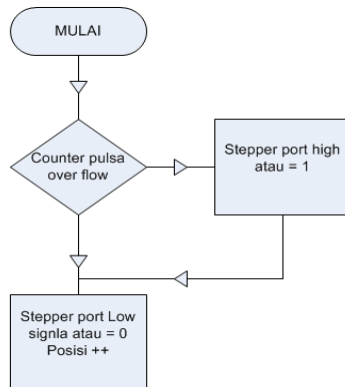
**Gambar 3. 7** Pembangkitan *interrupt timer internal*

proses pembangkitan *internal timer interrupt* dengan eksekusi program setiap 10us. Saat timer telah mencapai *overflow*, maka *port output signal* akan kembali berada pada posisi *low*. Sehingga *frekuensi* yang dibangkitkan membentuk sebuah siklus data digital yang kemudian dikirim ke *motor stepper* yang akan dieksekusi setiap 10us.

#### B. Pengolahan *Stepper Motor Signal*

Data *motor stepper* yang diolah adalah berupa data *counter* yang terjadi pada satu kali siklus *signal high* dan *low*. Siklus ini dapat dilakukan perubahan sesuai *counter over flow* yang telah kita buat. Saat nilai *counter over flow* pada timer terjadi, maka akan bisa dipastikan nilai *frekuensi* berada pada satu gelombang penuh. Setelah terjadi satu gelombang penuh maka nilai posisi akan bertambah sesuai jumlah siklus yang kita tentukan. Rentan waktu dapat di perlambat atau di percepat dengan menentukan nilai batas *counter over flow* yang kita berikan. Sehingga semakin banyak rentan waktu yang kita berikan pada nilai ambang batas *counter over flow* pada timer, maka semakin kecil *frekuensi* yang dihasilkan. Begitu juga sebaliknya semakin sedikit rentan waktu

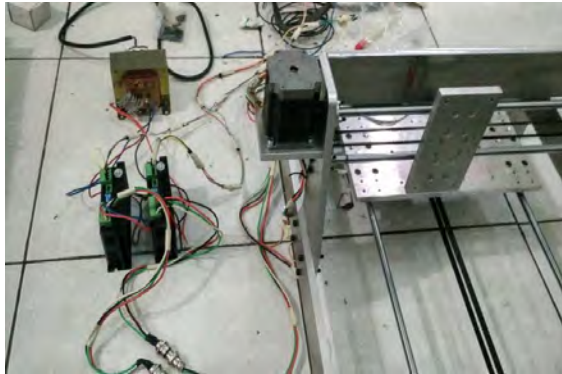
yang diberikan pada nilai ambang batas *over flow* pada *timer*, maka semakin besar *frekuensi* dihasilkan.



**Gambar 3. 8** Diagram pengolahan *signal stepper motor*

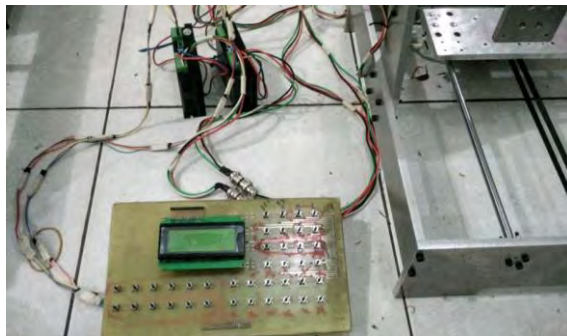
### C. Realisasi Alat

Seteleah semua proses perancangan telah selesai dilakukan, selanjutnya adalah realisasi dari alat yang dirancang. Bagian yang di realisasikan terlebih dahulu adalah bagian panel kontrol yang berisis tombol – tombol serta bagian minimum sistem pada ARM STM32f407VG. Kemudian dirancang bagian mekanik sebagai realisasi mesina CNC *plotter*. Selanjutnya minimum sistem mikrokontroler ARM STM32F407VG digunakan bahan yang sama yaitu menggunakan PCB jenis fiber dan komponen yang digunakan adalah komponen berjenis DIP. Rangkaian minimum sistem ini adalah perancangan dari board ARM STM32F407VG yang akan terhubung dengan rangkaian driver *motor stepper* yang berfungsi untuk menjalankan *motor stepper*. Yang terakhir adalah perakitan mekanik yang terhubung dengan elektronik *power supply* dan *driver motor stepper*.



**Gambar 3. 9** *motor stepper* dan driver motor

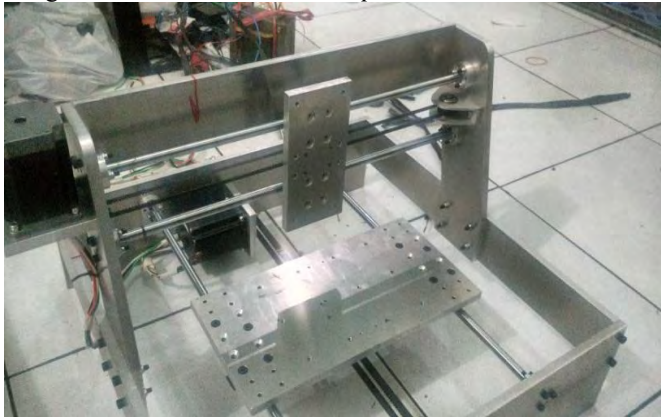
Perkaitan motor stepper dan driver motor dilakukan dengan menghubungkan masing masing kutub pada pole A(-), A(+), B(-), B(+) *motor stepper* ke masing masing konfigurasi A(-), A(+), B(-), B(+) pada *driver motor stepper*. Driver motor diberikan *supply* pembangkitan yang berkisar 24-32Vdc.



**Gambar 3.10** kontroler dengan driver motor *stepper*

*Driver motor* dikontrol dengan menggunakan sebuah mikrokontroler berjenis ARM STM32F407VG. Kontroler berfungsi untuk mengendalikan jumlah putaran dari *motor stepper* dan mengolahnya kedalam kendali posisi, jarak, kecepatan serta sudut. Data jarak dan posisi digunakan untuk menentukan arah posisi dan

jarak sehingga kita bisa melakukan pergerakan yang membentuk sebuah garis *linier*, *circular* dan *interpolation*.



**Gambar 3.11** Bentuk mekanik keseluruhan

Mekanik penggerak tersusun dari 2 buah *motor stepper* yang memiliki area sumbu X dan sumbu Y. Selain itu terdapat *timing gear* dan *timing belt* yang keduanya berfungsi sebagai piranti penghubung antara *motor stepper* dan meja kerja tempat dilakukan *plotter* terhadap garis *linier*, *circular* dan *interpolation* sehingga terbentuk sebuah gambar. Sebagai penumpu pada meja kerja digunakan sebuah *linier bearing* yang berfungsi meredam gesekan yang ditimbulkan akibat melewati alur lintasan pipa *stainless steel*. Bahan mekanik keseluruhan menggunakan sebuah aluminium yang memiliki tebal 10mm dengan series aluminium 1052 yang memiliki keunggulan material pada tingkat kekerasan bahan. Mekanik yang tersusun menjadi satu kesatuan sehingga terbentuk mesin CNC *plotter* dengan tingkat akurasi mencapai 0.01mm yang mana ini merupakan tingkatan tertinggi saat mekanik tidak terdapat *lost* akibat kurang telitinya saat pembuatan mekanik.





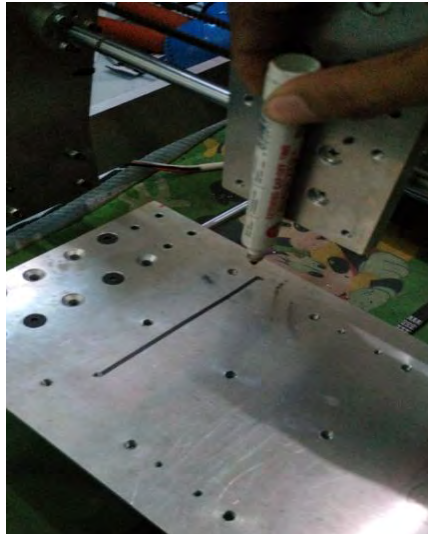
## BAB IV

### PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian pada mesin CNC *plotter* terdiri dari beberapa bagian yaitu pengujian akurasi dan ketelitian pergerakan dan ketepatan pola saat membuat suatu gambar. Tujuan dilakukan pengujian adalah mendapatkan parameter berupa data akurasi dan posisi saat mesin berjalan. Berikut adalah gambar pengujian sistem perangkat keras yang terdiri dari *signal motor stepper* dan pengukuran ketelitian dan akurasi mekanik.

#### 4.1 Pengujian Titik Awal Terhadap Jarak Yang Dituju

Berikut adalah pengujian cara melakukan pengujian terhadap jarak yang dituju. Dengan meletakkan *spidol* pada titik awal dari koordinat 0mm dan kemudian menuju pada titik 100mm. Garis hitam adalah hasil dari *trajectory* koordinat menuju titik akhir.



**Gambar 4.1** Pergerakan koordinat awal menuju akhir

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong untuk mengukur panjang alur *trajectory* yang ditempuh .berikut adalah beberapa data yang diambil dari hasil pengukuran *trajecotory* mesin CNC *plotter*.

**Tabel 4. 1** Koordinat program terhadap mekanik

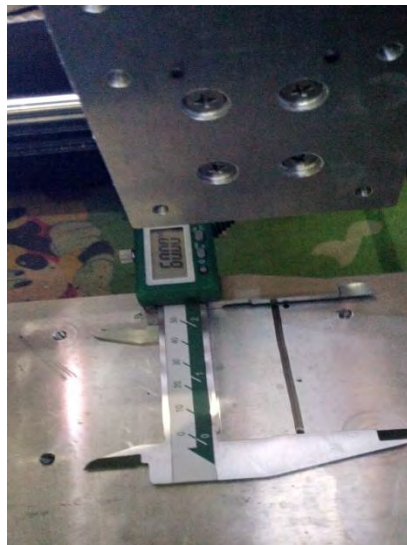
kordinat program (mm)	Koordinat awal (mm )	koordinat ahir (mm)
100	0	100.01
80	0	80.01
60	0	60.01
40	0	40.01
20	0	20.01



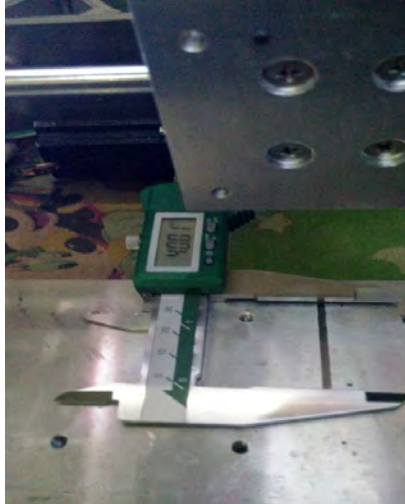
**Gambar 4.2** Pengukuran pada jarak akhir 100mm



**Gambar 4. 3** Pengukuran pada jarak akhir 80mm



**Gambar 4. 4** Pengukuran pada jarak akhir 60mm



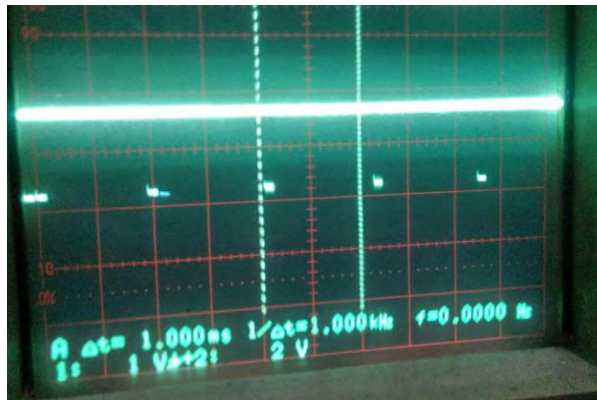
**Gambar 4. 5** Pengukuran pada jarak akhir 40mm



**Gambar 4.6** Pengukuran pada jarak akhir 20mm

#### 4.2 Pengujian *Response* Pembangkitan *Signal* Mikrokontroler Dengan *Oscilloscope*

Berikut adalah proses pengujian pembangkitan *signal* pada mikrokontroler dengan menggunakan *oscilloscope*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui *response* gelombang frekuensi terhadap respon pergerakan kecepatan pada *motor stepper*, yang bertujuan untuk mengetahui batas kecepatan motor terhadap *signal* pembangkitan.



**Gambar 4. 7** pengukuran gelombang 1khz *stepper*

**Tabel 4.2** Hasil pengujian *frekuensi stepper* terhadap kecepatan motor

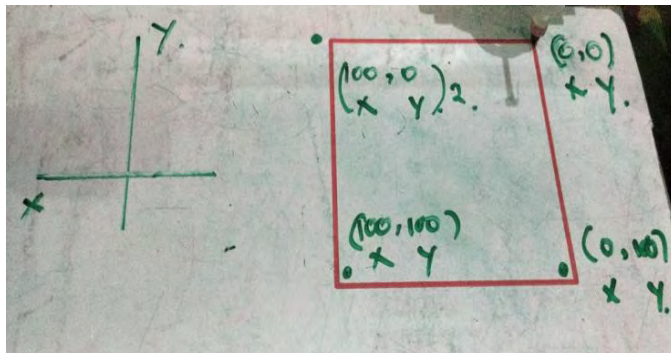
No	Kecepatan	Frekuensi <i>stepper</i>	% kecepatan
1	100	1Khz	10
2	50	2Khz	20
3	25	4khz	40
4	10	9khz	80
5	5	18khz	100

#### 4.3 Pengujian akurasi *stepper* terhadap gelombang yang dihasilkan

Pengujian akurasi *stepper* dengan membuat bentuk gambar berupa persegi, segitga, bintang maupun lingkaran kemudian kembali lagi ke titik nol (0) bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari *controller* dan mekanik mesin CNC *plotter*. *Spidol* ditempatkan pada titik tengah antara titik x dan y sebagai piranti pembuat gambar atau tulisan. Garis yang dibuat oleh spidol akan membekas sehingga membentuk garis *linier*, *circular* dan *interpolation*.

##### a. Pengujian Persegi

Hasil pengujian pembuatan garis persegi memiliki 4 tahaapan koordinat X dan Y. Masing – masing koordinat dikerjakan secara terpisah. Fungsi program yang dibuat untuk menjalankan motor pada sumbu X dan Y akan terhenti saat jarak yang dituju telah terpenuhi. Setiap koordinat yang telah diproses akan tersimpan dan akan diperbaharui setiap ada koordinat baru.



Gambar 4. 8 Hasil pengujian membentuk persegi

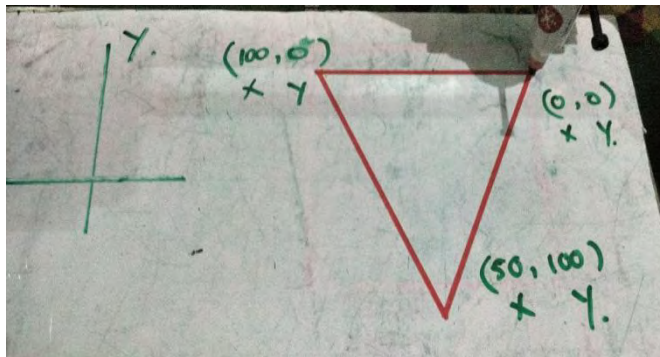
**Tabel 4. 3** Hasil pengujian koordinat pola persegi

No	X_pos(mm)	Y_pos(mm)	X_akhir(mm)	Y_akhir(mm)	kecepatan %
1	100	0	100.01	0	50
2	100	100	100.01	100.01	50
3	0	100	0.01	100.01	50
4	0	0	0.01	0.01	50

Pengukuran kecepatan dari motor pada sumbu X dan sumbu Y selalu sama yaitu berkisar antara 50% kecepatan normal, dengan tingkat akurasi mencapai 0.01mm. Menunjukkan sistem mekanik dan program bekerja dengan tingkat relosusi 0.01mm.

b. Pengujian bentuk segitiga

Hasil pengujian pembuatan garis persegi memiliki 3 tahapan koordinat X dan Y. Masing – masing koordinat dikerjakan secara terpisah. Fungsi program X dan Y akan berhenti saat jarak yang dituju telah terpenuhi. Setiap koordinat yang telah diproses akan tersimpan dan akan diperbaharui setiap ada koordinat baru.



**Gambar 4. 9** Hasil pengujian membentuk segitiga

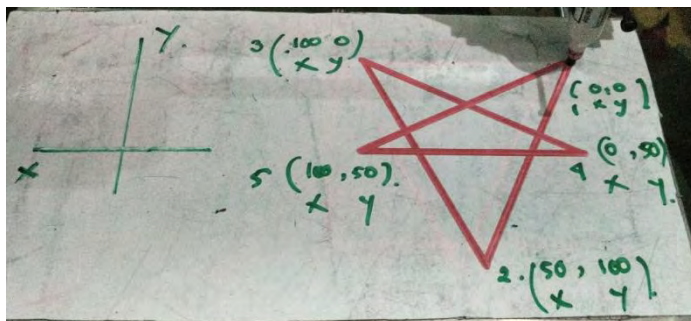
**Tabel 4. 4** Hasil pengujian membentuk segitiga

No	X_pos(mm)	Y_pos(mm)	X_akhir(mm)	Y_akhir(mm)	kecepatan %
1	50	100	50.01	100.01	50
2	100	0	100.01	0.01	50
3	0	0	0.01	0.01	50

Dari hasil pengukuran akurasi dari *trajectorty* pergerakan motor pada sumbu X dan Y tetap berada pada jalur dengan akurasi yang cukup tinggi. Pengukuran kecepatan dari motor pada sumbu X dan sumbu Y selalu sama yaitu berkisar antara 50% kecepatan normal, dengan tingkat akurasi mecapai 0.01mm. Menunjukkan sistem mekanik dan program bekerja dengan tingkat relosusi 0.01mm.

c. Pengujian Bentuk Garis bintang

Hasil pengujian pembuatan garis persegi memilik 5 tahapan koordinat X dan Y. Masing – masing koordinat dikerjakan secara terpisah. Fungsi program X dan Y akan berhenti saat jarak yang dituju telah terpenuhi. Setiap koordinat yang telah diproses akan tersimpan dan akan diperbaharui setiap ada koordinat baru.



**Gambar 4. 10** Hasil pengujian membentuk bintang



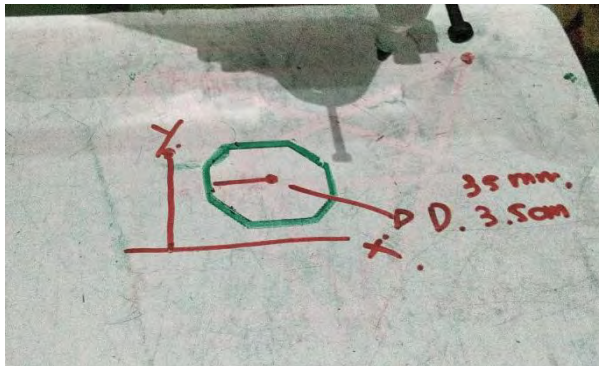
**Tabel 4. 5** Hasil pengujian membentuk bintang

No	X pos(mm)	Y pos(mm)	X akhir(mm)	Y akhir(mm)	kecepatan %
1	50	100	50.01	100.01	50
2	100	0	100.01	0.01	50
3	0	50	0.01	50.01	50
4	100	50	100.01	50.01	50

Jalur *trajectory* garis bintang dibuat dengan kecepatan yang berbeda bertujuan untuk meningkatkan menguji tingkat akurasi dari program dan mekanik. Didapat posisi titik akhir dengan akurasi tiap titik 0.01mm.

d. Pengujian Bentuk Lingkaran

Hasil pengujian pembuatan lingkaran ini berbeda dari sebelumnya. Sinkronisasi kedua kecepatan motor X dan Y serta posisi dari koordinat tiap titik yang dimasukkan kedalam garis menjadi penentu akurasi dari titik lingkaran. Halus dan kasarnya pembuatan lingkaran ditentukan oleh pemrosesan kecepatan motor dan banyaknya titik yang dibuat dalam koordinat X dan Y.



**Gambar 4. 11** Hasil pengujian membentuk lingkaran

Pemrosesan program Lingkaran dibentuk dengan diameter 35mm dalam area koordinat titik pusat X dan Y.

## LAMPIRAN

```
#include "stm32f4xx_conf.h"
#include "delay.h"
#include "lcd_biasa.h"
#include "math.h"
#include "stdio.h"
#include "stdlib.h"
#include "stm32f4xx_adc.h"
#include "misc.h"

void Inilisaisasi_motor() // timer 7
{
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM7,
    ENABLE);

    TIM_TimeBaseInitTypeDef definisi_timebase;

    definisi_timebase.TIM_Prescaler = 100;
    definisi_timebase.TIM_Period = 50; //periode-1;
    definisi_timebase.TIM_ClockDivision = TIM_CKD_DIV1;
    definisi_timebase.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
    TIM_TimeBaseInit(TIM7, &definisi_timebase);

    /* Enable TIM3 Preload register on ARR */
    TIM_ARRPreloadConfig(TIM7, ENABLE);

    TIM_Cmd(TIM7, ENABLE);

    NVIC_InitTypeDef definisi_NVIC;

    definisi_NVIC.NVIC_IRQChannel = TIM7_IRQn;
    definisi_NVIC.NVIC_IRQChannelSubPriority = 1;
    definisi_NVIC.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_Init(&definisi_NVIC);

    TIM_ITConfig(TIM7, TIM_IT_Update, ENABLE);
```

```

{
if (step_status_x == 1)
{
if (direksi_motor_x == 1)
{
DIR_Stepper_X_Axis_Set;

speed_x_now++;
if (speed_x_now < speed_x)
{
PULSE_Stepper_X_Axis_Set;
}
else
{
PULSE_Stepper_X_Axis_Reset;
speed_x_now = 0;
posisi_x += convert_pos_x;
}
}

else if(direksi_motor_x == 0)
{
DIR_Stepper_X_Axis_Reset;

speed_x_now++;
if (speed_x_now < speed_x)
{
PULSE_Stepper_X_Axis_Set;
}
else
{
PULSE_Stepper_X_Axis_Reset;
speed_x_now = 0;
posisi_x -= convert_pos_x;
}
}
}
else if(step_status_x == 0)
{

```

```

speed_x_now = 0;
posisi_x = posisi_x;
DIR_STEPPER_X_AXIS_RESET;
PULSE_STEPPER_X_AXIS_RESET;
}
else if (step_status_x == 2)
{
posisi_x = posisi_x;
speed_x_now = 0;
}

if (step_status_y == 1)
{
if (direksi_motor_y == 1)
{
DIR_STEPPER_Y_AXIS_SET;

speed_y_now++;
if (speed_y_now < speed_y)
{
PULSE_STEPPER_Y_AXIS_SET;
}
else
{
PULSE_STEPPER_Y_AXIS_RESET;
speed_y_now = 0;
posisi_y += convert_pos_y;
}
}

else if (direksi_motor_y == 0)
{
DIR_STEPPER_Y_AXIS_RESET;

speed_y_now++;
if (speed_y_now < speed_y)
{
PULSE_STEPPER_Y_AXIS_SET;
}
}
}

```

```

else
{
PULSE_STEPPER_Y_AXIS_RESET;
speed_y_now = 0;
posisi_y -= convert_pos_y;
}
}
}
else if(step_status_y == 0)
{
speed_y_now = 0;
posisi_y = posisi_y;
DIR_STEPPER_Y_AXIS_RESET;
PULSE_STEPPER_Y_AXIS_RESET;
}
else if (step_status_y == 2)
{
posisi_y = posisi_y;
speed_y_now = 0;
}

TIM_ClearITPendingBit(TIM7, TIM_IT_Update);
}

```

```

void step_x(float x_target,float kecepatan_x)
{

speed_x = kecepatan_x;
over_x_target = abs (x_target - posisi_x);
target_limit_x = x_target - posisi_x;

// over_x_target = abs(x_target);
// target_limit_x = x_target;

if (target_limit_x > 0) {direksi_motor_x=1;}
if (target_limit_x < 0) {direksi_motor_x=0;}

```

```

if (over_x_target > 0)
{
step_status_x=START;
}
else
{
step_status_x=STOP;
}

}

void step_y(float y_target,float kecepatan_y)
{

speed_y = kecepatan_y;
over_y_target = abs (y_target - posisi_y);
target_limit_y = y_target - posisi_y;

//over_y_target = abs(y_target);
//target_limit_y = y_target;

if (target_limit_y > 0) {direksi_motor_y=1;}
if (target_limit_y < 0) {direksi_motor_y=0;}

if (over_y_target > 0)
{
step_status_y=START;
}
else
{
step_status_y=STOP;
}

}

void move_xy(float move_x , float move_y , int feedrate)
{

prosentase_x = move_x - posisi_x; // 100 - 0
prosentase_y = move_y - posisi_y; // 100 - 100

```

```

//prosentase_x = 0 - 100; // 100 - 0
//prosentase_y = 0 - 100; // 100 - 100

delta_x_step = posisi_x + prosentase_x;
delta_y_step = posisi_y + prosentase_y;

//delta_x_step = 0 + prosentase_x; // translasi menuju ke posisi x
//delta_y_step = 0 + prosentase_y; // translasi menuju ke posisi x

prosentase_speed = abs((delta_x_step + delta_y_step)/2);

alfa    = delta_x_step / delta_y_step;
theta   = atan(alfa);
sudut_xy = theta * 180/PI;

//prosentase_speed_y = prosentase_speed * sin(theta);
//prosentase_speed_x = prosentase_speed * cos(theta);

//buffer_speed_x = (int)prosentase_speed_x;
//buffer_speed_y = (int)prosentase_speed_y;

if (prosentase_x < 0)
{
    prosentase_speed_y = 2*(prosentase_speed * sin(theta));
}
else
{
    prosentase_speed_y = prosentase_speed * sin(theta);
}

if (prosentase_y < 0)
{
    prosentase_speed_x = 2*(prosentase_speed * cos(theta));
}
else
{
    prosentase_speed_x = prosentase_speed * cos(theta);
}

```



```

speed_x = 10;//10;//prosentase_speed_x;
speed_y = 10;//prosentase_speed_y;

//step_y(move_y - posisi_y);
//step_x(move_x - posisi_x);

}

```

```

void generate_x (int j)
{
  GPIO_WriteBit(GPIOC, GPIO_Pin_7, j &(1<<0));
  delay_us(1000);
}

```

```

void generate_y (int k)
{
  GPIO_WriteBit(GPIOC, GPIO_Pin_11, k &(1<<0));
  delay_us(1000);
}

```

```

void x_step( int step)
{
  unsigned int i=0;
  //status_motor_x = 2;

  if (step > 0)
  {
    DIR_STEP_X_AXIS_SET;
    for (i=0; i<step; i++)
    {
      generate_x(i);
    }
  }
  else if (step < 0)

```

```

{
DIR_STEPPER_X_AXIS_RESET;
for (i=0; i<=step; i++)
{
generate_x(i);
}
}

```

```

}

```

```

void y_step( int step_y)
{
unsigned int u=0;
status_motor_y = 2;

```

```

if (step_y > 0)
{
DIR_STEPPER_Y_AXIS_SET;
for (u=0; u<step_y; u++)
{
generate_y(u);
}
}
else if (step_y < 0)
{
DIR_STEPPER_Y_AXIS_RESET;
for (u=0; u<=-step_y; u++)
{
generate_y(u);
}
}
}

```

```

void ymove(float mm)
{
y_step((int)B*A*mm);
}

```

```

void xmove(float mm)
{
    status_motor_y = 2;
    status_motor_x = 2;
    x_step(((int)B*A*mm);
}

```

```

void kotak(int x)
{
    ymove(-x);
    delay_us(100);
    xmove(-x);
    delay_us(100);
    ymove(x);
    delay_us(100);
    xmove(x);
    delay_us(100);
}

```

```

void printbLine(int long_pos1, float teta_sudut)
{
    float pembagi = 0.9;
    int i=0;
    for( i = 0; i < long_pos1 / pembagi; i++){
        ymove(round(cos(DegToRad(teta_sudut))*pembagi));
        xmove(round(sin(DegToRad(teta_sudut))*pembagi));
    }
}

```

```

void printbPolygon (int n_pos, int long_pos)
{
    int i=0;
    for(i = 0; i < n_pos; i++)
    {
        printbLine(long_pos, (float)i*360.0/n_pos);
    }
}

```

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Pada tugas akhir ini telah dibuat dan dirancang mesin *plotter* dengan sistem *Computer numerical Control* (CNC) yang mampu merealisasikan gambar yang dibuat oleh software CAD/CAM yang kemudian direalisasikan untuk menggerakkan kedua *motor stepper* pada sumbu X dan Y sehingga membentuk gambar yang telah diujicobakan pada mesin CNC untuk membentuk kontur *linier* dan kontur *circular*. Dari hasil implementasi, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

- Metode pembangkitan *signal* yang dipakai untuk menggerakkan *motor stepper* saat dilakukan pergerakan pada sumbu X dan Y memiliki resolusi yang tinggi, namun masih belum tersinkronisasi dengan tepat, sehingga mengakibatkan melencengnya jalur akhir yang membuat gambar yang dibuat memiliki kontur yang kurang sempurna.
- Akurasi mesin CNC *plotter* saat digunakan untuk membuat garis linier memiliki tingkat keakurasian tinggi saat menuju posisi tujuan akhir. Hal ini terbukti dengan proses pengujian dengan menggunakan jangka sorong yang dibentangkan untuk mengukur garis yang muncul memiliki tingkat *error* 0.01mm saat membentuk kontur linier.

#### **5.2 Beberapa saran yang dilakukan kedepan nanti adalah**

Diharapkan kedepannya ditambahkan tampilan dalam bentuk *visualisasi* sebagai penunjang dalam perwujudan sistem yang mudah dioperasikan sebagai mana tujuan dari dibuatnya tugas akhir ini, sehingga memiliki kualitas layaknya *standart* mesin CNC *plotter* pada umumnya .

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Li yao, “*Research on data-sharing and intelligent CNC machining system*”, Wang School of Mechanical Engineering, Beihang University, Beijing, 2015
- [2] Yusof Yusri, "*Development of new Open Soft-CNC*", System Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering University Tun Hussein Malaysia (UTHM) Johor, Malaysia 2015
- [3] Arm, “*Discovery kit with STM32F407VG MCU datasheet* ” , STMicroelectronics, 2014
- [4] Nema , “ *Nema23 stepper motor national instrument datasheet*” , National instrument , 2013

## RIWAYAT PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Andra Risciawan. Lahir di Blora pada tanggal 14 Mei 1991. Penulis memulai pendidikan formal di SDN 1 Ledok kabupaten blora pada tahun 1997 - 2003. Melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 3 Cepu hingga tahun 2006, dan melanjutkan pendidikan ke SMK Migas Cepu Hingga tahun 2009. Lulus SMA penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di Universitas Gadjah Mada, Program Studi Elektro dan Instrumentasi , bidang keahlian Elektronika & instrumentasi. Setelah lulus Program Studi Diploma Elektronika & instrumentasi UGM pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan untuk meraih Strata-1 di jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember program Lintas Jalur, Bidang Studi Elektronika. Semasa kuliah penulis aktif ikut kegiatan robotika dari tahun 2010 - 2014, baik di UGM maupun di ITS.

Email :

andrarisciawan[@gmail.com](mailto:andrarisciawan@gmail.com) /andra12 @mhs.ee.its.ac.id